

Radiologie 2023 · 63:749–757
<https://doi.org/10.1007/s00117-023-01197-6>
 Angenommen: 28. Juli 2023
 Online publiziert: 12. September 2023
 © The Author(s) 2023



Femoroazetabuläres Impingement beim Jugendlichen und Adoleszenten

Iris-M. Noebauer-Huhmann¹ · Felix R. M. Koenig¹ · Catharina Chiari^{2,3} · Florian Schmaranzer⁴

¹ Universitätsklinik für Radiologie und Nuklearmedizin, Abteilung für Neuroradiologie und Muskuloskeletale Radiologie, Medizinische Universität Wien, Wien, Österreich

² Universitätsklinik für Orthopädie und Unfallchirurgie, Klinische Abteilung für Orthopädie, Medizinische Universität Wien, Wien, Österreich

³ Abteilung für Kinderorthopädie und Fußchirurgie, Orthopädisches Spital Speising, Wien, Österreich

⁴ Universitätsklinik für Diagnostische-, Interventionelle- und Pädiatrische Radiologie, Inselspital Bern, Universität Bern, Bern, Schweiz

In diesem Beitrag

- Cam-Impingement
- Pincer-Impingement
- Bedeutung der femoralen Torsion
- Bildgebende diagnostische Modalitäten in der FAI-Abklärung
Projektionsröntgenaufnahme · Magnetresonanztomographie
- Radiologische Befunde beim FAIS
Cam-Impingement (▣ Abb. 6) · Pincer-Impingement (▣ Abb. 6)
- Differenzialdiagnosen

Zusammenfassung

Das femoroazetabuläre Impingement-Syndrom (FAIS) wird durch einen repetitiven mechanischen Konflikt zwischen Azetabulum und proximalem Femur insbesondere bei Flexion und Innenrotation hervorgerufen. Beim femoroazetabulären Impingement (FAI) vom Cam-Typ bewirkt eine Asphärizität am femoralen Kopf-Hals-Übergang die Induktion von Scherkräften am Azetabulum. Beim Pincer-Typ kann eine Retroversion der Pfanne und/oder eine vermehrte Überdachung vorliegen. Ein wichtiger mechanischer Einflussfaktor, welcher ein Impingement oder auch Hüftinstabilität verstärken oder kompensieren kann, ist die Femurtorsion. Meistens treten Torsionsstörungen kombiniert mit anderen ossären Deformitäten auf. Zu beachten ist, dass ein hoher Prozentsatz der Adoleszenten mit knöchernen FAI-Morphologien asymptomatisch bleibt. Die Diagnose des FAIS wird daher klinisch gestellt, die Bildgebung zeigt die zugrundeliegende Morphologie. Primäre Bildgebung ist das Röntgenbild in 2 Ebenen zur Beurteilung der Hüftgelenküberdachung und der azetabulären Version. Die vollständige Zirkumferenz des Femurs ist jedoch nur in der Magnetresonanztomographie (MRT) beurteilbar, ebenso Läsionen des Labrums und Knorpels sowie des Knochenmarks und der umgebenden Weichteile. Das MRT-Protokoll sollte routinemäßig eine Bestimmung der Rotation des Femurs beinhalten. Zudem sollten flüssigkeitssensitive Sequenzen des Beckens zum groben Ausschluss degenerativer oder entzündlicher extraartikulärer Veränderungen akquiriert werden.

Schlüsselwörter

Hüftgelenk · Schmerzsyndrom · Projektionsröntgenaufnahme · Magnetresonanztomographie · Femurtorsion

Das femoroazetabuläre Impingement (FAI) stellt klinisch ein schmerzhaftes Syndrom des Hüftgelenks dar (daher auch femoroazetabuläres Impingement-Syndrom, FAIS). Es tritt durch einen repetitiven mechanischen Konflikt zwischen Azetabulum und proximalem Femur auf, typischerweise in kombinierter Hüftflexion und Innenrotation (vorderer Impingement-Test). Morphologisch ursächlich für einen pathologischen knöchernen Kontakt kann entweder eine

Taillierungsstörung des Femurs (Cam) oder eine Mehrüberdachung und/oder Retroversion des Azetabulums (Pincer) sein; in vielen Fällen liegen auch Mischformen vor. Einen wichtigen Einflussfaktor stellt die Femurtorsion dar, die ursächlich, verstärkend oder kompensierend wirken kann.

Je nach körperlicher Aktivität können diese Impingement-Morphologien bereits in der Adoleszenz zu Hüftschmerzen führen



QR-Code scannen & Beitrag online lesen

[1]. Allerdings weisen auch viele asymptomatische Jugendliche und junge Erwachsene eine FAI-Morphologie auf: Ein Cam-Impingement wurde bei 16,8–26,5 %, ein Pincer-Impingement bei 17,6–32,4 % und eine Mischform bei 4,9–6,1 % der Jugendlichen beschrieben [2, 3]. Die Diagnose des Impingement-Syndroms wird daher klinisch gestellt [1]. Ziel der gelenkerhaltenden Chirurgie ist die Wiederherstellung der Hüftgelenkfunktion, Schmerzreduktion und Verzögerung der Arthroseprogression mittels Korrektur der zugrundeliegenden ossären Deformitäten [4, 5].

Cam-Impingement

Das Cam-Impingement ist durch eine verminderte Taillierung des Übergangs des Hüftkopfes zum Schenkelhals gekennzeichnet, typischerweise anterosuperior (mit punctum maximum bei 1 Uhr). Die Asphärität führt dazu, dass der Femur in das Azetabulum gleitet und Scherkräfte sowie Schäden an der chondrolabralen Übergangzone induziert (*Inklusions-Impingement*). Die Therapie der Wahl ist abhängig von der Ausdehnung der Cam-Deformität eine arthroskopische oder offene femorale Osteochondroplastie mit dem Ziel der Wiederherstellung der physiologischerweise konkaven Schenkelhalskontur [1].

In der Genese der sog. *primären (idiopathischen) Cam-Morphologie* (■ Abb. 1) gibt es zunehmende Evidenz, dass Stop-and-Go-Sportarten (Fußball, Hockey, Basketball) während des Wachstumsschubs zu einer pathologischen Belastung der Epiphysenfuge führen [6]. Die pathologische Belastung der Wachstumsfuge führt zu einer Hypertrophie oder Extension der Epiphyse [7], möglicherweise als Reaktion im Sinne eines Stabilisierungsversuchs gegenüber juxtaphysären Mikrotraumata. Die Deformierung findet bei Überbelastung meist bis zum Physenschluss statt [8]. Zudem scheinen in der Genese der primären Cam-Morphologie genetische Faktoren eine Rolle zu spielen, da Geschwister ein 2,8fach erhöhtes Risiko für die Entwicklung eines Cam-Impingements und ein 2faches Risiko für ein Pincer-Impingement haben [9]. Davon zu unterscheiden sind die sog. *sekundären Cam-Deformitäten*, die nach manifester

oder subklinischer Epiphyseolysis capitis femoris (ECF; engl.: „slipped capital femoral epiphysis“, SCFE; ■ Abb. 2), Morbus Perthes, Perthes-like-Deformitäten nach kongenitaler Hüftdysplasie/septischer Arthritis oder proximalen Femurfrakturen entstehen.

Die *Post-slip-Cam-Deformität* stellt eine besonders schwere Form dar, da durch die dorsale Abkipfung der Epiphyse, die weiterhin mit dem Azetabulum artikuliert, in vielen Fällen eine Retrotorsion des Femurs sowie eine Varusstellung (CCD-Winkel < 125°) des Schenkelhalses resultiert und das vordere Impingement zusätzlich verstärkt [10].

Pincer-Impingement

Beim Pincer-Impingement (*Beißzangen-Impingement*) besteht eine zu starke Ausbildung des azetabulären Erkers mit übermäßiger Überdachung des Hüftkopfes und/oder eine reduzierte Anteversion der Hüftpfanne. Im Gegensatz zum Cam-Impingement kann der Femurkopf nicht ins Azetabulum gleiten, und es kommt stattdessen zu einer direkten Krafteinwirkung (*Impaktions-Impingement*) am Azetabulum mit einer zirkumferenziellen Degeneration und Ossifikation des Labrums und einer linearen Knorpelschädigung. Je nach Ausmaß der Deformität reicht die chirurgische Therapie vom Zurückfräsen des Azetabulums mit konsekutiver Labrumrefixation bis hin zur einer antevvertierenden periazetabulären Osteotomie zur Therapie der schweren azetabulären Retroversion bei jungem Patienten mit gutem Knorpelstatus [11].

Bedeutung der femoralen Torsion

In den letzten Jahren hat die Integration der Femurtorsion in das pathomechanische Konzept des FAIS und der Hüftgelenkinstabilität zu neuen Erkenntnissen in der Diagnostik und Behandlung von Torsionspathologien geführt. Die Femurtorsion beschreibt die Stellung des proximalen Femurs relativ zur femoralen Kondylenachse in der sagittalen Ebene und beeinflusst so den Bewegungsspielraum im Hüftgelenk. Eine vermehrte Femurtorsion erhöht die Innenrotation/schränkt die Außenrotation der Hüfte ein und vice ver-

sa für die reduzierte Femurtorsion (Retrotorsion; [12]). Somit prädisponiert die Retrotorsion zu einem vorderen intraartikulären Impingement – unter Umständen auch ohne Vorliegen einer Cam-Deformität – sowie zu einem extraartikulärem Kontakt zwischen distalem Schenkelhals und Spina iliaca anterior inferior [13]. Eine exzessiv vermehrte femorale Anteversion wiederum kann zu einem Einwärtsgang und einem posterioren extraartikulären Impingement zwischen intertrochantärem Massiv/Trochanter minor und Tuberculum ischiadicum führen. Dies führt typischerweise zur Einengung des Ischiofemoralarraums mit konsekutivem Ödem im M. quadratus femoris [14]. Es konnte gezeigt werden, dass Torsionsstörungen je nach Patientenkollektiv bei bis zu 1 von 6 Patienten, die für einen gelenkerhaltenden hüftchirurgischen Eingriff abgeklärt werden, vorliegen [15]. Je nach Schweregrad der Torsionsstörung bzw. dem Vorliegen assoziierter Deformitäten bedarf es in ausgewählten Fällen einer derotierenden oder rotierenden Femurosteotomie ([16, 17]; ■ Abb. 3). Wichtig zu beachten ist auch, dass die Femurtorsion während der Skelettreifung physiologischerweise abnimmt und sich eine pathologische Femurtorsion in den ersten beiden Lebensdekaden bis zum Physenschluss sogar normalisieren kann [18].

Bildgebende diagnostische Modalitäten in der FAI-Abklärung

Projektionsröntgenaufnahme

Standard der initialen Bildgebung ist nach wie vor eine Röntgenaufnahme in zumindest 2 Ebenen; neben der Darstellung einer potenziellen FAI-Morphologie dient sie dem Ausschluss anderer Pathologien, wie z. B. Entzündungen, Hüftkopfnekrosen oder Frakturen [19]. Die Röntgenuntersuchung umfasst initial eine Beckenübersicht a.-p. und eine axiale Aufnahme.

Die Beckenübersichtsaufnahme erfolgt üblicherweise zunächst im Liegen. Hier liegen die verlässlichsten Referenzwerte zur Prognose vor, gleichzeitig ist diese Position mit späteren intraoperativen Aufnahmen vergleichbar [20]. Durchführung: Rückenlage, 15° innenrotierte Beine, Film-Fokus-Abstand 120 cm.

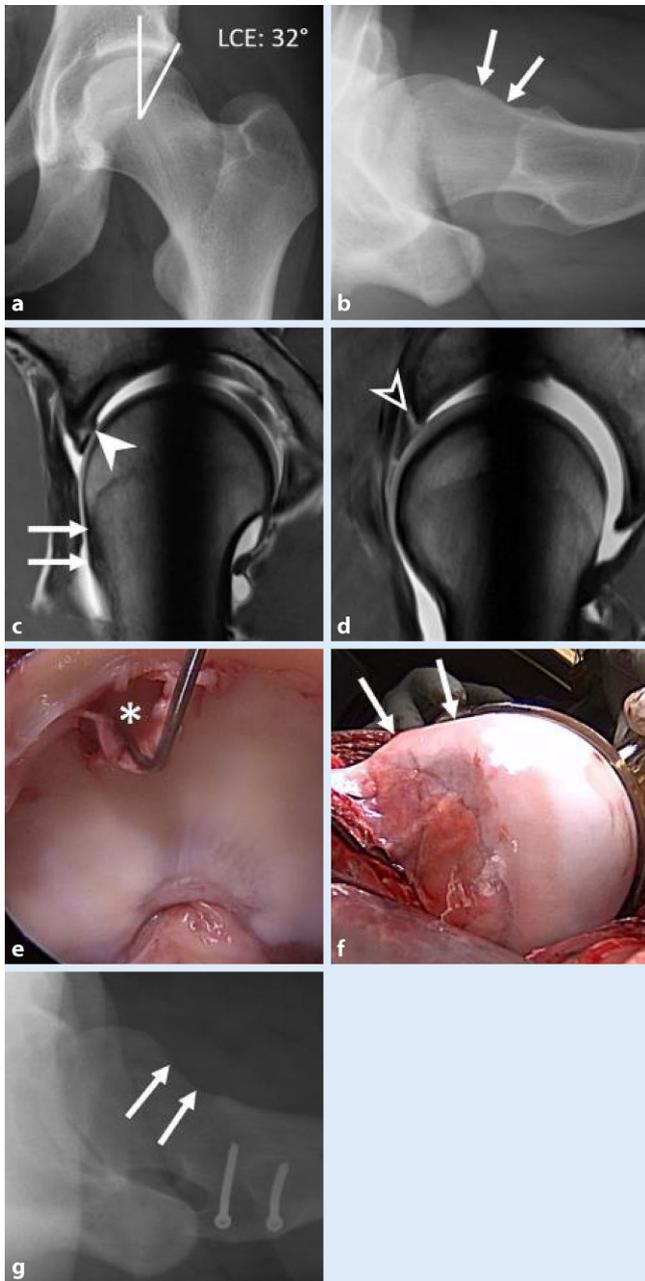


Abb. 1 **a** Anteroposteriore Beckenübersicht und **b** laterale Cross-table-Projektion eines 17-jährigen Profifußballers mit normaler Überdachung (Lateral-Center-Edge-Winkel, LCE), kranialer Retroversion und Cam-Deformität (Pfeile). Es wurde eine direkte MR-Arthrographie unter Gelenktraktion durchgeführt. **c, d** Radiale protonendichtegewichtete Turbo-Spin-Echo(TSE)-Sequenzen des superiores Gelenkanteils: primäre Cam-Deformität (Pfeile in **c**) und assoziierte beginnende Knorpel delamination (ausgefüllte Pfeilspitze in **c**) sowie anteriore Labrumablösung (Pfeilspitze in **d**). **e, f** Es wurde eine offene Korrektur des femoroazetabulären Impingements (FAI) über eine chirurgische Hüftluxation durchgeführt. **e** Die intraoperative Inspektion bestätigt die Knorpel delamination (Stern). **f** Ausgedehnte Cam-Deformität (Pfeile). **g** Die postoperative Cross-table-Projektion zeigt einen konkaven Schenkelhals-Kopf-Übergang (Pfeile) und die Schrauben der Trochanterosteotomie nach chirurgischer Hüftluxation

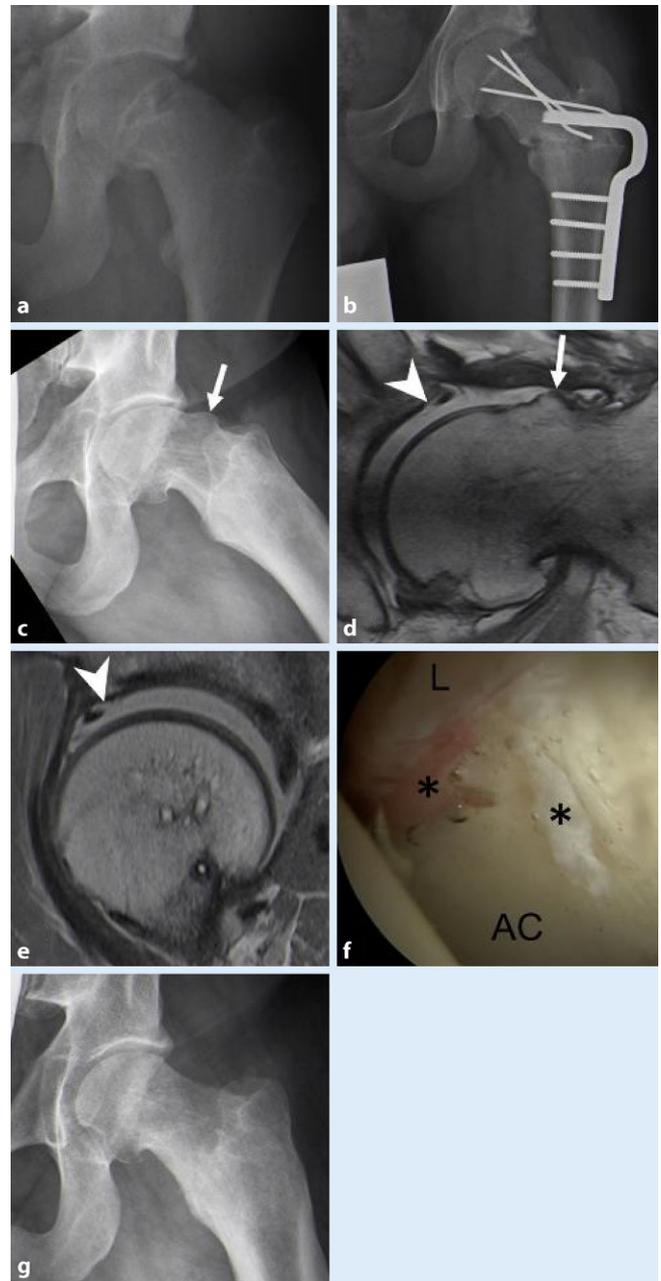


Abb. 2 **a** Anteroposteriore Beckenübersicht eines 14-jährigen mit Epiphyseal dysplasia capitis femoris, welche mit einer In-situ-Fixation und einer Imhäuser Osteotomie (**b**) behandelt wurde. **c** 13 Jahre später stellt sich der Patient mit zunehmenden Hüftschmerzen vor mit einer ausgedehnten sekundären Cam-Deformität (Pfeil) auf der modifizierten Dunn-Projektion. Es wurde eine direkt MR-Arthrographie unter Gelenktraktion durchgeführt. **d** Radiale und **e** sagittale protonendichtegewichtete Turbo-Spin-Echo(TSE)-Sequenzen: Knorpeldefekt mit randständiger Delamination und assoziierter Labrumläsion (Pfeilspitze), nach superior reichende Cam-Deformität (Pfeil). **f** Intraoperative, arthroskopische Inspektion des zentralen Gelenkkompartiments: chondrolabrale Läsion (Sterne) des Labrums (L) und azetabulären Knorpels (AC). **g** Die postoperative modifizierte Dunn-Projektion zeigt eine wiederhergestellte Schenkelhalstaillierung

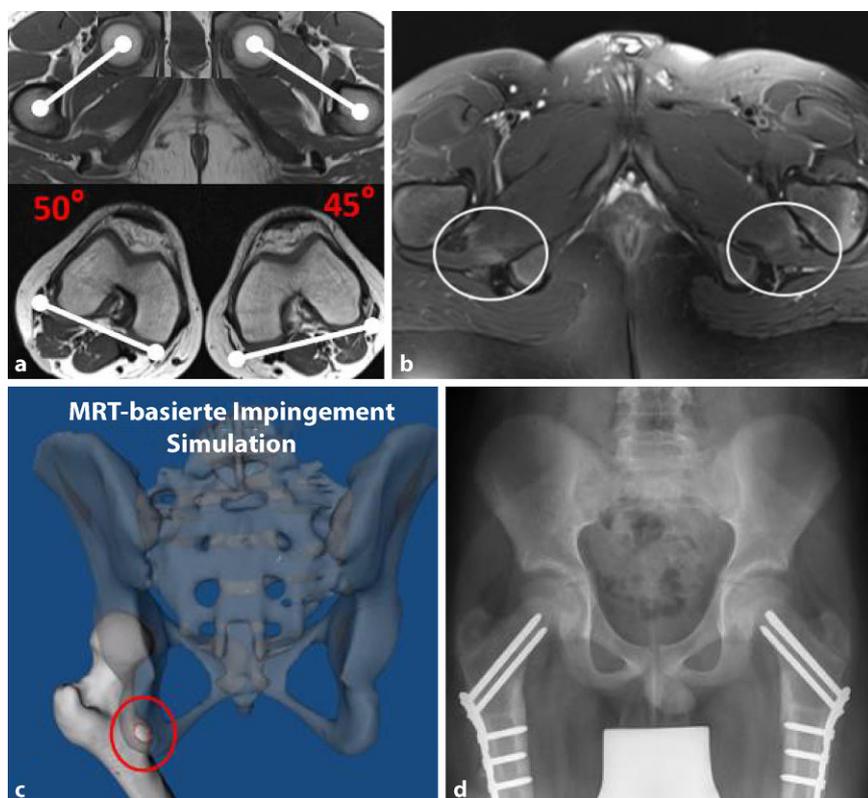


Abb. 3 **a** MRT-basierte Rotationsmessung (T1-gewichtete Turbo-Spin-Echo-Sequenzen) des Beckens und der femoralen Kondylen bei einem 14-Jährigen mit glutealen Schmerzen beidseits und Fuß-einwärtsgang. Die Messung der Femurtorsion nach der Murphy-Methode [17] zeigt beidseits eine exzessiv erhöhte Femurantetorsion. **b** Axiale Turbo-Inversion-Recovery-Magnitude(TIRM)-Sequenz mit Ödem im M. quadratus femoris, als möglicher Hinweis auf ein ischiofemorales Impingement (Kreise), welches in der virtuellen MRT-basierten Impingement-Analyse in Hüftextension und Außenrotation (c) bestätigt wurde (Kreis Kontakt zwischen Trochanter minor und Tuber ischiadicum). **d** Anteroposteriore Beckenübersicht 1 Jahr nach Femurosteotomie zur 20° Derotation und Behandlung des Rotationsfehlers des Femurs

Die Wahl der axialen Aufnahmetechnik hängt von der Indikation und der institutionellen Präferenz ab:

- Dunn-45°-Projektion: sensitivste Aufnahme zur Detektion der Cam-Deformität. Durchführung: 45° Beugung und 20° Abduktion bei neutraler Rotation [21]; Zentralstrahl auf Femurkopf.
- Lauenstein-Aufnahme zur Beurteilung des anterioren und posterioren Schenkelhalses: bei ECF, da das Ausmaß des Abrutschens besonders gut beurteilt werden kann. Durchführung: Rückenlage, Bein 45° gebeugt und 45° abduziert; Zentralstrahl auf Femurkopf.
- Faux-profil-Aufnahme [22]: Darstellung der anterioren Überdachung, der Spina iliaca anterior inferior und des posterioren Gelenkspalts (Contre-coup-Läsion). Durchführung: Aufnahme im Stehen, Becken 65° zur Platte geneigt,

Fuß parallel zur Platte; Zentralstrahl auf Femurkopf.

Um Beinachsendiformitäten oder Beinlängendifferenzen zu erfassen, kann eine Ganzbeinaufnahme ergänzt werden.

Wichtige Parameter der Projektionsröntgenaufnahme mit Normwerten zeigt (Abb. 4; [23]).

Magnetresonanztomographie

Die MRT ist die Methode der Wahl zur Darstellung chondrolabraler Läsionen und wichtig für die Therapieplanung. Ebenso können die Wachstumsfuge, osteophytäre Anbauten, reaktive Knochenmarkveränderungen, periartikuläre Weichteilalterationen als auch der Zustand der Muskulatur sensitiv erfasst werden. Der exzellente Weichteilkontrast der MRT ist insbesonde-

re beim unreifen Skelett entscheidend, da die Cam-Morphologie teilweise knorpelig angelegt sein kann [24]. Die Feldstärke sollte zumindest 1,5T betragen. Radiäre Turbo-Spin-Echo(TSE)-Sequenzen (oder alternativ radiäre Rekonstruktionen von 3D-Isovoxel-Sequenzen, jeweils in mindestens 12 Schichten) erlauben eine orthograde Darstellungen des Azetabulums, des Hüftkopfes und des Schenkelhalses über die gesamte Zirkumferenz [25]. Die Bezeichnung der Lokalisation folgt dabei der von Erwachsenen (Zifferblatt der Uhr, 3 Uhr entspricht beidseits jeweils anterior). Während beim Erwachsenen und Adoleszenten zur besseren Beurteilung insbesondere der Knorpeldelamination und prognostisch relevanten ausgedehnten Knorpelschäden die MR-Arthrographie in Kombination mit Traktion (bei der Traktion wird während der MRT ein dem Körpergewicht angepasster Zug auf die betroffene Hüfte ausgeübt) eine hohe Sensitivität aufweist [26], wird bei Kindern oft auf eine intraartikuläre Injektion verzichtet. Im Protokoll enthalten sein sollten jedenfalls hochaufgelöste Sequenzen über die betroffene Seite, und auch eine flüssigkeitssensitive Sequenz über das gesamte Becken zum Nachweis oder Ausschluss extraartikulärer Pathologien ([20; Abb. 5).

Eine zusätzliche Bestimmung der azetabulären Version und femoralen sowie tibialen Torsion ist sinnvoll [15] und mit geringem Aufwand möglich [20]. Ausreichend dafür sind bei fixierten Füßen mit senkrechter Großzehe schnelle Sequenzen ohne hohe Ortsauflösung über Hüft-, Knie- und Sprunggelenke. Bei der Bestimmung der Femurtorsion ist es von entscheidender Bedeutung, eine standardisierte Messmethode zu verwenden und diese auch entsprechend zu beschreiben, da sich die gewonnenen Messwerte beim selben Patienten je nach Messmethode um bis zu 20° unterscheiden können [17, 27]. Eine weitverbreitete Methode, die auch in den Kliniken der Autoren zur Anwendung kommt, ist die Methode nach Murphy (Messung auf Höhe des Trochanter minor; Abb. 3), da sie den Rotationsfehler auch bei Hüften mit exzessiv erhöhter Femurtorsion und Valgusdeformitäten am genauesten abbildet [28].

Eine systematische Beschreibung der Pathologien in der MRT sollte umfassen:

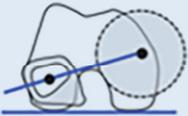
Parameter	Technik	Referenzwerte	Modalität
Alpha-Winkel		Normal: $<60^\circ$ Cam-Deformität: $>60^\circ$	MRT/CT Axiales Röntgen
Corpus-Collum-Diaphysen-[CCD]-Winkel		Varus: $<125^\circ$ Normal: $125^\circ-139^\circ$ Valgus: $>139^\circ$	Beckenübersichtsröntgen, MRT/CT
Femurtorsion (Murphy et al. [25])		Retrotorsion: $<0^\circ$ Normal: $10^\circ-25^\circ$ Hohe Antetorsion: $>35^\circ$	MRT/CT
Lateral center-edge-[LCE]-Winkel		Dysplasie: $<23^\circ$ Normal: $23^\circ-33^\circ$ Globale Mehrüberdachung: $>39^\circ$	Beckenübersichtsröntgen
Azetabulärer Index		Dysplasie: $>13^\circ$ Normal: $3^\circ-13^\circ$ Globale Mehrüberdachung: $<0^\circ$	Beckenübersichtsröntgen
Protrusio acetabuli		Normal: negativ Globale Mehrüberdachung: positiv	Beckenübersichtsröntgen
Cross-over sign		Normal: negativ Retroversion: positiv	Beckenübersichtsröntgen
Posterior-wall sign		Normal: negativ Retroversion: positiv	Beckenübersichtsröntgen
Ischial-spine sign		Normal: negativ Retroversion: positiv	Beckenübersichtsröntgen

Abb. 4 ◀ Schematische Darstellung der radiologischen Parameter mit den jeweiligen Referenzwerten aus [23]

- *Formalterationen des proximalen Femurs und des Azetabulums:*
Femur: Formalterationen des Femurkopfes, Kopf-/Hals-Taillierung des Femurs mit Alphawinkel und Angabe der Lokalisation nach dem Zifferblatt der Uhr (12 Uhr = superior, 3 Uhr = anterior), „Herniation pit“

- Azetabulum:* Ausmaß der Überdachung nach dem Zifferblatt, Spornbildungen, Os acetabuli
- *Labrumopathien:* Größe des Labrums (Hypertrophie als Instabilitätszeichen vs. Hypotrophie als Hinweis auf ein Impaktions-Impingement), Intrasubstanzrisse oder Intersubstanzrisse mit chondrolabraler Separation,

- intralabrale oder paralabrale Ganglien, Labrumossifikation, Os acetabuli
- *Knorpel-/Knochenschäden:* Knorpeldelamination, Dickenverlust des Knorpels, subchondrale Knochenmarködäquivalente oder Zysten und Osteophyten, zentrale Osteophyten um die azetabuläre Fossa bzw. die Fovea capitis sowie Knorpelschäden >2 h auf dem Zifferblatt sind nega-

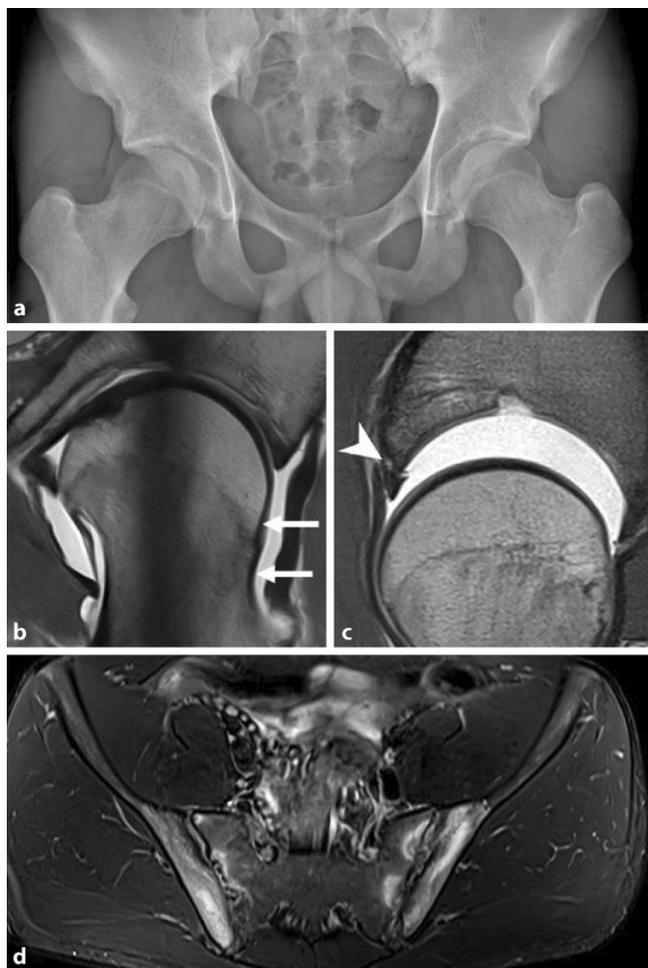


Abb. 5 ▲ **a** Anteroposteriore Beckenübersicht eines 18-jährigen Patienten mit Schmerzen in der linken Hüfte sowie gluteal. Es wurde der Verdacht auf ein Cam-Impingement gestellt und eine direkte MR-Arthrographie unter Gelenktraktion durchgeführt zur besseren Darstellung und Evaluierung der Deformität sowie etwaiger Kollateralschäden. **b** Radiäre und **c** sagittale protonendichtegewichtete Turbo-Spin-Echo(TSE)-Sequenzen zeigen eine mäßige Taillierungsstörung (Pfeile in **b**) sowie eine anteriore Labrumablösung mit assoziierter fokaler Knorpeldelamination (ausgefüllte Pfeilspitze in **c**), typische Kollateralschäden im Rahmen eines femoroazetabulären Impingements vom Cam-Typ. **d** Die axiale Turbo-Inversion-Recovery-Magnitude(TIRM)-Sequenz zeigte jedoch auch Zeichen einer floriden Arthritis des Iliosakralgelenks (ISG), weshalb der Patient nun zunächst rheumatologisch abgeklärt wird. Retrospektiv hätte man bereits auf der Beckenübersicht (**a**) bei erosiven Veränderungen und Sklerose am ISG beidseits den Verdacht auf ISG-Arthritis stellen und eine dezidierte Abklärung empfehlen sollen

tive Prädiktoren für den langfristigen Gelenkerhalt.

- **Angrenzende/Begleitpathologien:** Zysten, ossäre Stressreaktionen am Schenkelhals/Schambeinästen, Zustand des Lig. teres, Kapseldehiszenzen oder -verwachsungen nach Voroperation, posttraumatische Verknocherungen am indirekten Ursprung des M. rectus femoris
- **Differenzialdiagnosen/andere Veränderungen** (s. unten)
- **Beschreibung der Achsen in der Rotations-MRT:** azetabuläre Anteversion,

femorale Torsion nach Murphy, (ggf. zusätzlich nach Reikeras), jeweils bilateral

Radiologische Befunde beim FAIS

Die Befundung sollte entsprechend der rezenten ESSR-Richtlinien erfolgen [29].

Cam-Impingement (■ Abb. 6)

Der anterosuperiore Kopf-Hals-Übergang ist in der Dunn-45°-Projektion besonders gut beurteilbar. Typisch sind als Ausdruck

verminderte Kopf-Hals-Taillierung ein vergrößerter Alphawinkel (initiale Beschreibung durch Nötzli [30]) sowie ein verminderter Head-neck-Offset. Allerdings ist eine Bestimmung der Werte über die gesamte Zirkumferenz nur mittels MRT möglich (bzw. falls MRT kontraindiziert mittels CT). In der MRT ist ein vergrößerter femoraler Alphawinkel über 60° typischerweise anterosuperior sichtbar [31]. Der mechanische Konflikt mit dem Azetabulum findet beim Cam-Impingement in der Gelenkperipherie statt. Ausgehend von einer Läsion in der chondrolabralen Übergangzone kommt es zu einer teppichartigen Delamination des azetabulären Knorpels von peripher nach zentral (Outside-in-Läsion im Gegensatz zur Inside-out-Läsion bei der Hüftdysplasie) und Ablösung des Labrums vom azetabulären Erker ([32]; ■ Abb. 1 und 2). Charakteristische assoziierte Läsionen sind ein Os acetabuli sowie am Schenkelhals das Vorliegen einer kleinen randsklerosierten Zyste, dem sog. „herniation pit“, die typischerweise am punctum maximum der Cam-Deformität auftreten [1].

Bei Adoleszenten mit FAI sind Knorpelschäden mit 88,4% sehr häufig und korrelieren in ihrem Ausmaß mit dem Alphawinkel [33]. Dabei weisen Patienten mit Post-ECF-Slip Deformitäten im Vergleich zum primären Cam-FAI häufig einen höheren Alphawinkel und ausgedehntere Knorpelschäden auf; zudem sind die Patienten im Schnitt jünger [34].

Pincer-Impingement (■ Abb. 6)

Die azetabuläre Retroversion stellt ein Spektrum von wenig bis ausgeprägter Malrotation des Hemipelvis und Azetabulums dar, welches in erster Linie konventionell radiologisch beurteilt wird. Am häufigsten (bis zu 80%) liegt ein kraniales Cross-over-Zeichen (COS) mit normaler Anteversion der Pfanne auf Höhe des Femurkopfzentrums vor (Prävalenz bis zu 80%). Das COS ist positiv, wenn in der a.-p.-Projektion der hintere Pfannenrand den vorderen Pfannenrand kreuzt (■ Abb. 4). Mit zunehmendem Schweregrad nimmt die kraniokaudale Ausdehnung des retrovertierten Azetabulums (kleiner als ein Drittel) zu, und es finden sich zudem ein positives Posterior-wall- und Ischial-spine-Zeichen in der a.-p.-Projektion. Das Pos-

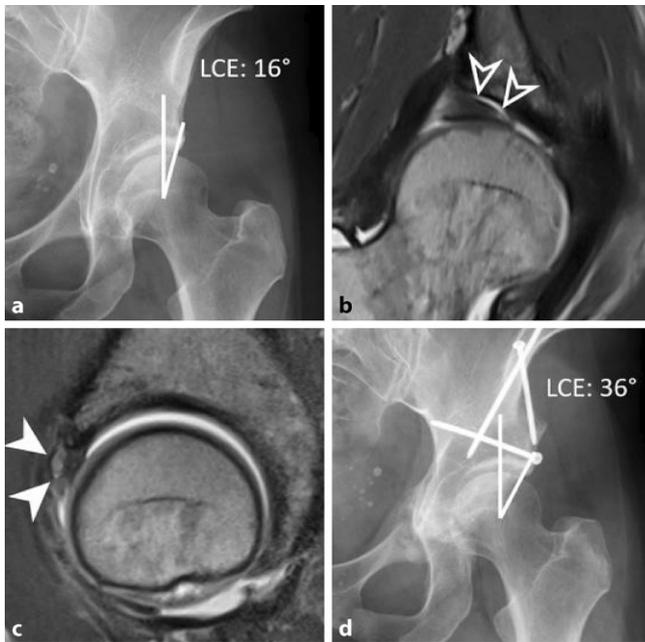


Abb. 6 **a** Anteroposteriore Beckenübersicht einer 27-jährigen Patientin mit dysplastischer Hüftgelenküberdachung und beginnender Gelenkspaltverschmälerung (Lateral-Center-Edge-Winkel, LCE). Es wurde eine direkte MR-Arthrographie unter Gelenktraktion durchgeführt: **b** Koronale und **c** sagittale protonendichtegewichtete Turbo-Spin-Echo(TSE)-Sequenzen zeigen eine Delaminierung des azetabulären Knorpels mit Riss von zentral nach peripher (*leere Pfeilspitzen*) sowie mukoider Degeneration und Hypertrophie des anterioren Labrums als Ausdruck der Instabilität (*volle Pfeilspitzen*). **d** Anteroposteriore Beckenübersicht nach periazetabulärer Osteotomie zeigt eine verbesserte Hüftgelenküberdachung

terior-wall-Zeichen ist positiv, wenn der Hüftkopfmittelpunkt sich lateral des hinteren Pfannenrands projiziert, das Ischial-spine-Zeichen, wenn die Spina ischiadica am medialen Rand des kleinen Beckens sichtbar ist (**Abb. 4**). Bei bis zu 15% der Patienten liegen Kombinationen dieser Retroversionszeichen als Ausdruck einer globalen Retroversion vor [35].

Eine vermehrte azetabuläre Überdachung kann entweder global oder fokal bestehen. In der Beckenübersichtsaufnahme sind die wichtigsten Messparameter der Lateral-Center-Edge(LCE)-Winkel, der bis zum lateralen Ende der Sklerosezone gemessen werden sollte (da dies dem gewichtstragenden Anteil des Azetabulums entspricht; **Abb. 6**) sowie der azetabuläre Index [36]. Diese Winkel stellen robuste Parameter dar, die nicht oder nur gering lage- und verkipplungsabhängig sind [36]. In der Routinediagnostik gelten als Kriterien für eine globale Mehrüberdachung ein LCE-Winkel von $\geq 40^\circ$ oder eine negative azetabuläre Inklination (azetabulärer Index < 0). Die Protrusionshüfte

stellt die Extremform der globalen Pincer-Morphologie dar.

Die Mehrüberdachung führt zu in der MRT sichtbaren Rissen in der Substanz des Labrums; charakteristischerweise sieht man häufig ein hypotrophes, degeneriertes Labrum oder ossäre Metaplasien, und eher schmale, zirkumferente Knorpelschäden [37]. Bei Vorliegen einer globalen Mehrüberdachung kommt es durch die Fehlbelastung zu einer Chondropathie medial sowie durch eine sekundäre posteriorinferiore Translation des Femurkopfes zu Knorpelschäden ebenda (*Contre-coup-Läsion*; [32]).

Differenzialdiagnosen

Die wichtigste Differenzialdiagnose der ossären Veränderungen beim FAIS stellt die Hüftdysplasie dar, welche mittels einer Beckenosteotomie behandelt wird (**Abb. 6**). Extraartikuläre Ursachen für ein Impingement-Syndrom der Hüftregion umfassen das subspinale Impingement nach Avulsionsfrakturen oder Apophysenverletzungen und das ischiofemorale

Impingement, Letzteres typischerweise bei Coxa valga et antetorta [38]. Auch die häufige Coxa saltans interna (das sog. Psoasschnappen durch mechanische Irritation der Psoassehne in ihrem Verlauf über den vorderen Pfannenrand) oder Stressfrakturen sind als Differenzialdiagnosen bedeutsam. Anteriorer Hüftschmerz kann zudem durch lumbale oder Schmerzen im Iliosakralgelenk (ISG), eine Leistenhernie oder abdominelle Erkrankungen vorgetäuscht werden. Ebenso müssen andere muskuloskeletale Ursachen, wie beispielsweise Entzündungen oder Muskelverletzungen, ausgeschlossen werden ([39]; **Abb. 5**). Zu beachten ist, dass bei Patienten mit Sportlerhernie, Adduktorschmerz oder überlastungsbedingter Pubalgie häufig konkomitant ein FAI besteht [40].

Fazit für die Praxis

- Das femoroazetabuläre Impingement (FAI) ist ein schmerzhaftes Syndrom des Hüftgelenks, verursacht durch einen repetitiven mechanischen Konflikt zwischen Azetabulum und proximalem Femur.
- Verantwortlich sind Taillierungsstörungen des Femurs (Cam), eine Mehrüberdachung und/oder Retroversion des Azetabulums (Pincer) oder Mischformen; ein wichtiger Einflussfaktor ist die Femurtorsion.
- Das Cam-Impingement entsteht typischerweise durch eine pathologische Belastung während des Wachstumsschubs, oder sekundär beispielsweise nach Epiphyseolysis capitis femoris (ECF) oder M. Perthes.
- Initial sollten eine Beckenübersichtsaufnahme und eine axiale Röntgenaufnahme durchgeführt werden; wichtige Parameter sind der Lateral-Central-Edge(LCE)-Winkel, das Cross-over-, Posterior-wall- und das Ischial-spine-Zeichen.
- Die Magnetresonanztomographie (MRT) dient der genauen Beurteilung von Formalterationen (wichtiger Parameter bei der Beurteilung des Cam-Impingements ist der Alphawinkel) und der Beurteilung des Labrums, des Knorpels und subchondralen Knochens sowie von Begleitpathologien und Differenzialdiagnosen; axiale Sequenzen (*Rotations-MRT*) erlauben die Bestimmung der Azetabulumversion und der Torsion der unteren Extremität.

Korrespondenzadresse

Iris-M. Noebauer-Huhmann

Universitätsklinik für Radiologie und Nuklearmedizin, Abteilung für Neuroradiologie und Muskuloskelettrale Radiologie, Medizinische Universität Wien
Wien, Österreich
iris.noebauer@meduniwien.ac.at

Funding. Open access funding provided by Medical University of Vienna.

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. I.-M. Noebauer-Huhmann, F.R.M. Koenig, C. Chiari und F. Schmaranzer geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Für diesen Beitrag wurden von den Autor/-innen keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

Open Access. Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

- Tannast M, Siebenrock KA, Anderson SE (2007) Femoroacetabular impingement: radiographic diagnosis—what the radiologist should know. *AJR Am J Roentgenol* 188(6):1540–1552 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17515374/>)
- Kaymakoglu M, Dut R, Imre D, Ergen FB, Talmac MA, Aksoy C (2021) Characteristics of femoroacetabular impingement morphology and relation with skeletal maturity among asymptomatic adolescents. *Acta Orthop Belg* 87(1):47–54 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34129757/>)
- Li Y, Helvie P, Mead M, Gagnier J, Hammer MR, Jong N (2017) Prevalence of femoroacetabular impingement morphology in asymptomatic adolescents. *J Pediatr Orthop* 37(2):121–126
- Migliorini F, Maffulli N (2021) Arthroscopic management of femoroacetabular impingement

Femoroacetabular impingement in adolescents

Femoroacetabular impingement syndrome (FAIS) is caused by a repetitive mechanical conflict between the acetabulum and the proximal femur, occurring in flexion and internal rotation. In cam impingement, bony prominences of the femoral head–neck junction induce chondrolabral damage. The acetabular type of FAIS, termed pincer FAIS, may be either due to focal or global retroversion and/or acetabular overcoverage. Combinations of cam and pincer morphology are common. Pathological femoral torsion may aggravate or decrease the mechanical conflict in FAI but can also occur in isolation. Of note, a high percentage of adolescents with FAI-like shape changes remain asymptomatic. The diagnosis of FAIS is therefore made clinically, whereas imaging reveals the underlying morphology. X-rays in two planes remain the primary imaging modality, the exact evaluation of the osseous deformities of the femur and chondrolabral damage is assessed by magnetic resonance imaging (MRI). Acetabular coverage and version are primarily assessed on radiographs. Evaluation of the entire circumference of the proximal femur warrants MRI which is further used in the assessment of chondrolabral lesions, and also bone marrow and adjacent soft tissue abnormalities. The MRI protocol should routinely include measurements of femoral torsion. Fluid-sensitive sequences should be acquired to rule out degenerative or inflammatory extra-articular changes.

Keywords

Hip · Pain · Diagnostic X-ray radiology · Magnetic resonance imaging · Femoral torsion

- in adolescents: a systematic review. *Am J Sports Med* 49(13):3708–3715 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33740385/>)
- Chiari C, Lutschounig MC, Nöbauer-Huhmann I, Windhager R (2022) Femoroacetabular impingement syndrome in adolescents—How to advise? How to treat? *Orthopäde* 51(3):211–218. <https://doi.org/10.1007/s00132-022-04214-z>
 - Pettit M, Doran C, Singh Y, Saito M, Sunil Kumar KH, Khanduja V (2021) How does the cam morphology develop in athletes? A systematic review and meta-analysis. *Osteoarthr Cartil* 29(8):1117–1129 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33989785/>)
 - Dijkstra HP, Ardern CL, Serner A, Mosler AB, Weir A, Roberts NW et al (2021) Primary cam morphology; bump, burden or bog-standard? A concept analysis. *Br J Sports Med* 55(21):1212–1221 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34281962/>)
 - Hanke MS, Schmaranzer F, Steppacher SD, Reichenbach S, Werlen SF, Siebenrock KA (2021) A cam morphology develops in the early phase of the final growth spurt in adolescent ice hockey players: results of a prospective MRI-based study. *Clin Orthop Relat Res* 479(5):906–918 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33417423/>)
 - Pollard TCB, Villar RN, Norton MR, Fern ED, Williams MR, Murray DW et al (2010) Genetic influences in the aetiology of femoroacetabular impingement: a sibling study. *J Bone Joint Surg Br* 92(2):209–216 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20130310/>)
 - Schmaranzer F, Kallini JR, Ferrer MG, Miller PE, Wylie JD, Kim YJ et al (2021) How common is femoral retroversion and how is it affected by different measurement methods in unilateral slipped capital femoral epiphysis? *Clin Orthop Relat Res* 479(5):947–959 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3337759/>)
 - Zurmühle CA, Anwander H, Albers CE, Hanke MS, Steppacher SD, Siebenrock KA et al (2017) Periacetabular osteotomy provides higher survivorship than rim trimming for acetabular retroversion. *Clin Orthop Relat Res* 475(4):1138–1150 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27921206/>)
 - Lerch TD, Schmaranzer F, Hanke MS, Leibold C, Steppacher SD, Siebenrock KA et al (2020) Torsional deformities of the femur in patients with femoroacetabular impingement: Dynamic 3D impingement simulation can be helpful for the planning of surgical hip dislocation and hip arthroscopy. *Orthopäde* 49(6):471–481 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31853580/>)
 - Lerch TD, Boschung A, Todorski IAS, Steppacher SD, Schmaranzer F, Zheng G et al (2019) Femoroacetabular impingement patients with decreased femoral version have different impingement locations and intra- and extraarticular anterior subspine FAI on 3D-CT-based impingement simulation: implications for hip arthroscopy. *Am J Sports Med* 47(13):3120–3132 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31539275/>)
 - Lerch TD, Zwingerstein S, Schmaranzer F, Boschung A, Hanke MS, Todorski IAS et al (2021) Posterior extra-articular sschiofemoral impingement can be caused by the lesser and greater trochanter in patients with increased femoral version: dynamic 3D CT-based hip impingement simulation of a modified FABER test. *Orthop J Sport Med*. <https://doi.org/10.1177/2325967121990629>
 - Lerch TD, Todorski IAS, Steppacher SD, Schmaranzer F, Werlen SF, Siebenrock KA et al (2018) Prevalence of femoral and acetabular version abnormalities in patients with symptomatic hip disease: a controlled study of 538 hips. *Am J Sports Med* 46(1):122–134 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28937786/>)
 - Lerch TD, Schmaranzer F, Steppacher SD, Ziebarth K, Tannast M, Siebenrock KA (2022) Most of patients with femoral derotation osteotomy for posterior extraarticular hip impingement and high femoral version would do surgery again. *Hip Int* 32(2):253–264 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32866044/>)



© Romik Image - iStockphoto.com

17. Schmaranzer F, Kallini JR, Miller PE, Kim YJ, Bixby SD, Novais EN (2020) The effect of modality and landmark selection on MRI and CT femoral torsion angles. *Radiology* 296(2):381–390 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32515680/>)
18. Decker S, Suero EM, Hawi N, Müller CW, Krettek C, Citak M (2013) The physiological range of femoral antetorsion. *Skelet Radiol* 42(11):1501–1505 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23857422/>)
19. Mascarenhas VV, Castro MO, Rego PA, Sutter R, Sconfienza LM, Kassarijan A et al (2020) The Lisbon agreement on femoroacetabular impingement imaging-part 1: overview. *Eur Radiol* 30(10):5281–5297 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32405754/>)
20. Castro MO, Mascarenhas VV, Afonso PD, Rego P, Schmaranzer F, Sutter R et al (2021) The Lisbon agreement on Femoroacetabular impingement imaging-part 3: imaging techniques. *Eur Radiol* 31(7):4652–4668 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33411053/>)
21. Meyer DC, Beck M, Ellis T, Ganz R, Leunig M (2006) Comparison of six radiographic projections to assess femoral head/neck asphericity. *Clin Orthop Relat Res* 445:181–185 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16456309/>)
22. Lequesne M, de Seze (1961) False profile of the pelvis. A new radiographic incidence for the study of the hip. Its use in dysplasias and different coxopathies. *Rev Rhum Mal Osteoartic* 28:643–652 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14464207/>)
23. Schmaranzer F, Hanke M, Lerch T, Steppacher S, Siebenrock K, Tannast M (2016) Impingement of the hip. *Radiologie* 56(9):825–838 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27411918/>)
24. Palmer A, Fernquest S, Gimpel M, Birchall R, Judge A, Broomfield J et al (2018) Physical activity during adolescence and the development of cam morphology: a cross-sectional cohort study of 210 individuals. *Br J Sports Med* 52(9):601–610 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28798039/>)
25. Klenke FM, Hoffmann DB, Cross BJ, Siebenrock KA (2015) Validation of a standardized mapping system of the hip joint for radial MRA sequencing. *Skelet Radiol* 44:339–343. <https://doi.org/10.1007/s00256-014-2026-z>
26. Meier MK, Wagner M, Brunner A, Lerch TD, Steppacher SD, Vavron P et al (2023) Can gadolinium contrast agents be replaced with saline for direct MR arthrography of the hip? A pilot study with arthroscopic comparison. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37042981/>. Zugegriffen: 20. Juli 2023 (*Eur Radiol*)
27. Schmaranzer F, Lerch TD, Siebenrock KA, Tannast M, Steppacher SD (2019) Differences in femoral torsion among various measurement methods increase in hips with excessive femoral torsion. *Clin Orthop Relat Res* 477(5):1073–1083 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30624313/>)
28. Schmaranzer F, Meier MK, Lerch TD, Hecker A, Steppacher SD, Novais EN et al (2022) Coxa valga and antetorta increases differences among different femoral version measurements: potential implications for derotational femoral osteotomy planning. *Bone Jt Open* 3(10):759–766 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36196582/>)
29. Mascarenhas VV, Castro MO, Afonso PD, Rego P, Dienst M, Sutter R et al (2021) The Lisbon agreement on femoroacetabular impingement imaging-part 2: general issues, parameters, and reporting. *Eur Radiol* 31(7):4634–4651 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33411052/>)
30. Nötzli HP, Wyss TF, Stoecklin CH, Schmid MR, Treiber K, Hodler J (2002) The contour of the femoral head-neck junction as a predictor for the risk of anterior impingement. *J Bone Joint Surg Br* 84(4):556–560 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12043778/>)
31. Mascarenhas VV, Rego P, Dantas P, Caetano AP, Jans L, Sutter R et al (2018) Can we discriminate symptomatic hip patients from asymptomatic volunteers based on anatomic predictors? A 3-dimensional magnetic resonance study on cam, pincer, and spinopelvic parameters. *Am J Sports Med* 46(13):3097–3110 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30379583/>)
32. Beck M, Kalhor M, Leunig M, Ganz R (2005) Hip morphology influences the pattern of damage to the acetabular cartilage: femoroacetabular impingement as a cause of early osteoarthritis of the hip. *J Bone Joint Surg Br* 87(7):1012–1018 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15972923/>)
33. Youngman TR, Wagner KJ, Montanez B, Johnson BL, Wilson PL, Morris WZ et al (2021) The association of α angle on disease severity in adolescent femoroacetabular impingement. *J Pediatr Orthop* 41(2):88–92 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33208669/>)
34. Lieberman EG, Pascual-Garrido C, Abu-Amer W, Nepple JJ, Shoemaker PL, Clohisey JC (2021) Patients with symptomatic sequelae of slipped capital femoral epiphysis have advanced cartilage wear at the time of surgical intervention. *J Pediatr Orthop* 41(6):e398–403 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33734202/>)
35. Lerch TD, Meier MK, Boschung A, Steppacher SD, Siebenrock KA, Tannast M et al (2022) Diagnosis of acetabular retroversion: Three signs positive and increased retroversion index have higher specificity and higher diagnostic accuracy compared to isolated positive cross over sign. *Eur J Radiol Open*. <https://doi.org/10.1016/j.ejro.2022.100407>
36. Tannast M, Fritsch S, Zheng G, Siebenrock KA, Steppacher SD (2015) Which radiographic hip parameters do not have to be corrected for pelvic rotation and tilt? *Clin Orthop Relat Res* 473(4):1255–1266 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25231153/>)
37. Pfirrmann CWA, Mengiardi B, Dora C, Kalberer F, Zanetti M, Hodler J (2006) Cam and pincer femoroacetabular impingement: characteristic MR arthrographic findings in 50 patients. *Radiology* 240(3):778–785 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16857978/>)
38. Ricciardi BF, Fabricant PD, Fields KG, Poultsides L, Zaltz I, Sink EL (2015) What are the demographic and radiographic characteristics of patients with symptomatic extraarticular femoroacetabular impingement? *Clin Orthop Relat Res* 473(4):1299–1308 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25344401/>)
39. Chiari C, Lutschounig MC, Nöbauer-Huhmann I, Windhager R (2022) Femoroacetabuläres Impingement Syndrom bei Jugendlichen. *Sports Orthop Traumatol* 28(3):276–282. <https://doi.org/10.1016/j.orthtr.2022.07.006>
40. Munegato D, Bigoni M, Gridavilla G, Olmi S, Cesana G, Zatti G (2015) Sports hernia and femoroacetabular impingement in athletes: a systematic review. *World J Clin Cases* 3(9):823 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26380829/>)

Machen Sie Ihre Tätigkeit als Reviewer sichtbar

Listen Sie Ihre Gutachten im Web of Science Researcher Profile

Das *Web of Science Researcher Profile* (ehemals Publons) ist eine Onlineplattform, die es Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern ermöglicht, ihre Begutachtungstätigkeit bei akademischen Fachzeitschriften sichtbar zu machen. Ziel ist es, das Peer Review als messbare wissenschaftliche Leistung anzuerkennen.

Auf der Seite wird übersichtlich und nachvollziehbar dokumentiert, wie häufig die eigene Expertise in einem speziellen Fachgebiet nachgefragt wurde, was z. B. für Bewerbungsverfahren genutzt werden kann.

Um Ihr Review im *Web of Science Researcher Profile* anzugeben, registrieren Sie sich einmalig kostenfrei. Im Anschluss können Sie Ihr Gutachten direkt innerhalb Ihres Profils eingeben.

Alternativ leiten Sie die englischsprachige E-Mail, mit der Ihnen der Erhalt des Gutachtens bestätigt wurde, an reviews@webofscience.com weiter.



<https://www.webofscience.com/wos/woscc/basic-search>